

BRONISŁAW ZAPIÓR

(1908–1987)

Fizykochemik



Bronisław Zapiór urodził się w Krakowie 11 sierpnia 1908 roku. Wychowywał się w domu rodziców, Jakuba, pracownika Miejskich Kolei Elektrycznych, i Agnieszki z Skrzężynów, w gronie rodzeństwa, miał trzech braci i dwie siostry. Egzamin dojrzałości złożył w 1926 roku w VIII Państwowym Gimnazjum im. Augusta Witkowskiego przy ul. Studenckiej 12. Gimnazjum miało profil matematyczno-przyrodniczy, jego dyrektorem był profesor matematyki i fizyki Jan Dziurzyński. Studiował chemię na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierunkiem profesorów: Tadeusza Estreichera, Jana Dziewońskiego, Bogdana Szyszkowskiego i Bogdana Kamieńskiego.

Po uzyskaniu w roku 1934 stopnia magistra, jako jedyny spośród czternastu pierwszych magistrantów profesora Kamieńskiego został w roku 1936 zatrudniony w charakterze młodszego asystenta kontraktowego w Katedrze Chemii Fizycznej, która wówczas nosiła nazwę III Zakładu Chemicznego. Stopień doktora filozofii w zakresie chemii otrzymał w 1937 roku na podstawie rozprawy *Wpływ koncentracji jonów wodorowych na potencjał dielektryczny i napięcie powierzchniowe roztworów niektórych syntetycznych oraz naturalnych związków organicznych*. Jej kontynuacją były dwie prace opublikowane w „Rocznikach Chemii” w latach 1938 i 1939. Dalsze badania przerwała druga wojna światowa.

Natychmiast po zakończeniu wojny Bronisław Zapiór powrócił do swej pracy w Uniwersytecie Jagiellońskim na stanowisku starszego asystenta (od 1 lutego 1945) i adiunkta (od 1 września 1947) w Katedrze Chemii Fizycznej i uczestniczył w heroicznym dziele odbudowy Uniwersytetu. W następnych latach prowadził intensywne badania w dziedzinie aktywności powierzchniowej leków, które doprowadziły do uzyskania w 1950 roku stopnia doktora habilitowanego w zakresie chemii fizycznej i elektrochemii na podstawie dysertacji *The dielectric potential and surface tension of some drugs at different hydrogen ion concentrations* i stanowiska docenta (1 lutego 1950). W roku 1951 objął kierownictwo nowo utworzonej Katedry Chemii Ogólnej i kierował nią nieprzerwanie do czasu przejścia na emeryturę w 1978 roku. Tytuł i stanowisko profesora nadzwyczajnego otrzymał w 1954 r., tytuł i stanowisko profesora zwyczajnego nauk chemicznych w 1961 roku.

Profesor Bronisław Zapiór był członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego od 1937 roku. Po wojnie, w latach 1962–1966, był przewodniczącym Krakowskiego Oddziału Towarzystwa. Od roku 1950 był członkiem Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Mikołaja Kopernika, członkiem jego prezydium (1953/54), członkiem Komitetu Akustyki PAN i członkiem Komisji Fizykochemii Powierzchni w Krakowskim Oddziale Polskiej Akademii Nauk. Wszechstronna działalność Profesora została uhonorowana Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski. Był kawalerem. Dom prowadziła Jego żona, pani Honorata Czaplińska, magister praw. Brat Profesora Marian był kwestorem UJ, drugi brat, Karol, kwestorem AR. Corocznie, w dniu św. Bronisławy, Rodzina i pracownicy Zakładu spotykali się przy imiennym stole. Przyjęcia były okazałe, a nastrój znakomity.

Pod koniec lat sześćdziesiątych, w odpowiedzi na apel Polskiego Radia, Profesor przyjął obowiązki opiekuna dwojga sierot, rodzeństwa, po tragicznie zmarłych rodzicach. W latach siedemdziesiątych występował po stronie niezależnej opozycji obywatelskiej, jaka formowała się wówczas w Polsce.

Zmarł w Krakowie w dniu 25 czerwca 1987 roku. Spoczywa na cmentarzu Salwatorskim.

Działalność w dziedzinie organizacji nauki

Zorganizował Katedrę Chemii Ogólnej w Uniwersytecie Jagiellońskim i kierował nią przez dwadzieścia siedem lat. Z pilnością i oddaniem pracował na rzecz Wydziału. W latach 1956–1958 był prodziekanem, a w latach 1958–1960 dziekanem Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii.

Działalność naukowa

Zjawiska powierzchniowe

Problem potencjału elektrycznego na granicy faz woda-powietrze fascynuje badaczy od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

Ważny w biologii, prosty w ujęciu elektrostatyki, nie poddaje się do dziś teoriom fizycznym; mimo licznych i wartościowych prac daleki od rozwiązania. Fascynował również Bogdana Kamińskiego. Strategia obrona przez niego w latach trzydziestych polegała na skupieniu wysiłku badawczego na technikach pomiarowych, których zasady były już znane (Kennrick 1896, Frumkin 1924, Schulman 1931, Yamins 1933 i inni), ale wartości mierzonego potencjału były wówczas nie dość dokładne i nie dość powtarzalne. Pomiar potencjału powierzchniowego stał się specjalnością szkoły krakowskiej i w żadnym innym laboratorium na świecie nie był doprowadzony do takiej perfekcji. Szkoła wyróżniała metodę płynących strumieni. Ponad dwudziestu doktorantów i badaczy pracowało w Krakowie tą techniką.

Drugim elementem strategii były obserwacje wpływu substancji powierzchniowo czynnych na wartość potencjału.

Profesorowi Kamińskiemu towarzyszył w tym dziele Bronisław Zapiór. W latach trzydziestych student, magistrant i doktorant. Po wojnie, począwszy od roku 1947 jako adiunkt w Katedrze Chemii Fizycznej i Elektrochemii prowadził samodzielne badania. W roku 1951 objął nowo utworzoną Katedrę Chemii Ogólnej i przez następne lata organizował ją od podstaw. Około roku 1956 laboratoria Katedry zostały już wyposażone na tyle, aby Profesor mógł kontynuować badania i tworzyć własną, filialną szkołę zjawisk powierzchniowych.

Przebadął dużą grupę amfolitów organicznych i ustalił związek pomiędzy położeniem punktu infleksji na krzywej wyrażającej zależność potencjału od wartości pH a mocą protolityczną amfolitów. Większość substancji badał osobiście, część była badana w zespole przez J. Czapkiewicza (izomeryczne aminofenylopropany, anizydyny i estry kwasów pirydynokarboksylowych oraz niektóre zasady heterocykliczne), M. Woźniakiewicz (weronał, amidopiryna, weramon, hydroksykupreina) i B. Śliwę (grupa morfiny).

Przebadął wybrane szeregi homologicznych związków niejonowych, znajdując wpływ orientacji cząsteczek na potencjał elektryczny warstwy powierzchniowej. Współautorami byli J. Czapkiewicz i B. Śliwa.

Ważne wyniki przyniosły również badania nad aktywnością powierzchniową związków o małym ciężarze cząsteczkowym i dużym momencie dipolowym (nitroparafin i alifatycznych nityli) prowadzone w zespole prof. Zapióra przez B. Śliwę.

Badania prof. Zapióra należały do szerszego nurtu, który określamy mianem krakowskiej szkoły zjawisk powierzchniowych. Sam eksperymentował, później kierował pracami swojej grupy badawczej, a odchodząc, przygotował swoich następców i zaszczerpił im zamiłowanie do studiów nad niezwykle ciekawymi właściwościami swobodnej powierzchni.

Akustyka chemiczna

Profesor Zapiór był wybitnym znawcą problematyki leżącej na pograniczu akustyki molekularnej i chemii, czyli fono- lub sonochemii. Pierwszą publikacją otwierającą działalność Zespołu Sonochemii była monografia B. Zapióra *Fonochemia* zamieszczona w wiodącym podręczniku Chemia fizyczna (wyd. zbiorowe, 1963). W następnych latach Profesor opublikował szereg artykułów monograficznych i popularyzatorskich oraz prace szczegółowe, mono- autorskie lub wspólne, na temat chemicznego działania ultradźwięków. Współautorami byli: A. Juskiewicz, A. Lityńska, A. Łomnicka, R. Szorek i W. Wyrwa. Prowadził wykłady monograficzne, liczne prace magisterskie i promował (1972–1981) w dziedzinie sonochemii pięciu doktorów.

Metody ultradźwiękowe badania materii polegają na pomiarze prędkości i absorpcji ultradźwięków w funkcji temperatury, częstotliwości i stężenia badanej substancji i przynoszą cenne informacje o strukturze ośrodka, o wzajemnym oddziaływaniu cząsteczek, procesach relaksacyjnych oraz o asocjacji i dysocjacji cząsteczek. Aby obserwacja tych subtelnych efektów była możliwa, prędkość ultradźwięków musi być mierzona z dokładnością sześciu miejsc znaczących. W zespole profesora Zapióra, A. Juskiewicz wykonał najdokładniejszy w Polsce interferometr ultradźwiękowy, który posłużył do wyznaczenia liczby hydratacji jonów, aminokwasów, peptydów i wybranych makrocząsteczek.

Ilościowe pomiary hydratacji albuminy mleka i kazeiny tworzyły zamknięty program badawczy (grant) sponsorowany w latach 1974–1978 przez Departament Rolnictwa Stanów Zjednoczonych w ramach polsko-amerykańskiej współpracy naukowej znanej pod nazwą Public Law 480. Profesor był kierownikiem naukowym tego programu.

Po odejściu Profesora na emeryturę dalszy, równie dynamiczny, rozwój zawdzięcza Zespół Adamowi Juskiewiczowi, który habilitował się w 1987 roku na podstawie rozprawy z dziedziny akustyki chemicznej i objął kierownictwo Zespołu. Obecnie, krakowska szkoła sonochemiczna założona przez profesora Zapióra ma ustaloną pozycję w licznych i aktywnym środowisku akustyków reprezentowanym przez Polskie Towarzystwo Akustyczne i Komitet Akustyki PAN.

Inne badania

Odrębną grupę stanowiły prace prof. Zapióra z Aleksandrą Krówkówną-Gołąbiowską na temat analizy chromatograficznej perkolatów naparstnicy purpurowej, z Jerzym Płatkiem i Jerzym Kaletą dotyczące wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych występujących w dymie papierosów oraz z Tomaszem Stworzewiczem na temat rozdziału elektrolitów od związków niejonowych i rozdziału jonów na kolumnach jonitacyjnych.

Z ogromną życzliwością prof. Zapiór akceptował i wspierał inicjatywy naukowe swoich adiunktów. Dwie dały początek samodzielnym kierunkom badawczym.

Przedmiotem pierwszej podjętej przez Macieja Leszkę były membrany i zjawiska membranowe. W zespole pracowali: J. Klinowski, E. Nahlikowa, A. Russer i W. Zaborowska.

Druga, Jana Czapkiewicza, polegała na skierowaniu badań na szereg homologiczny długołańcuchowych czwartorzędowych soli amoniowych i właściwości tworzonych przez nie układów koloidalnych. Współautorem pierwszej pracy (1970) był B. Śliwa, współautorką dalszych B. Czapkiewicz-Tutajowa. Z biegiem lat prace Zespołu zyskały szerokie uznanie w kraju i za granicą.

Profesor nie sygnował swoim nazwiskiem wszystkich publikacji powstałych w Zakładzie. Lista publikacji, których Profesor był autorem lub współautorem, liczyła siedemdziesiąt pozycji; lista obejmująca produkcję naukową całego Zakładu w tym samym okresie zawierała ich sto pięćdziesiąt pięć. Profesor i adiunkci brali czynny udział w licznych (około 40) krajowych zjazdach i konferencjach naukowych. Streszczenia wygłoszonych tam komunikatów znajdują się w księgach zjazdowych. Profesor promował siedemnastu doktorów.

Miał dar słowa pisanego. Był znakomitym i zamiłowanym eksperymentatorem. Chemia była dla niego nauką o przyrodzie, tak ją odczuwał i rozumiał. Osobowość badacza dopełniały zamiłowania plastyczne. Lubił rysować: architekturę miasta, portret swojego mistrza i profesora, kompozycje baśniowe.

Działalność dydaktyczna

Lata 1951–1956 to początek samodzielnej pracy Bronisława Zapióra na stanowisku profesora i kierownika Katedry. Był to okres szczególnie intensywnej pracy nauczycielskiej. Fala młodzieży zatrzymana przez wojnę weszła w mury uczelni. Sale wykładowe i laboratoria były przepełnione. Profesor prowadził wykłady z różnych dziedzin nauk chemicznych dla studentów biologii, geologii, fizyki i farmacji oraz seminarium dla magistrantów chemików. Równoległe biegly odpowiednio zróżnicowane ćwiczenia prowadzone przez zespół młodych asystentów (Zofia Kahl, Aleksandra Krówkówna, Jerzy Płatek, Danuta Potocka, Maciej Leszko). Niezmiennie, do końca kariery nauczycielskiej, działalność dydaktyczną Profesora cechowała różnorodność. Wykładał chemię ogólną, nieorganiczną, analityczną, chemię organiczną i chemię fizyczną. Wszechstronność Profesora jako wykładowcy była niezwykła. Mówił jasno, pięknym literackim językiem. Przy egzaminach rzadko stosował testy pisemne. Przestrzegał zasady, bez względu na liczbę studentów, że każdy egzaminowany ma prawo do bezpośredniej dwudziesto-, w trudniejszych przypadkach trzydziestominutowej rozmowy z profesorem. Pytania nie powtarzały się, były celne i na pozór nie-trudne. Z uśmiechem i widoczną satysfakcją wpisywał noty bardzo dobre, z przykrością dostateczne.

Uczniowie – Adam Juszkiewicz (doc. dr hab. UJ), Jacek Klinowski (prof. dr UJ, dr University of London, Fellow of Caius College Uniwersytetu w Cambridge, członek zagraniczny Polskiej Akademii Umiejętności), Maciej Leszko (prof. dr hab. UJ).

Bibliografia prac

Profesor Zapiór opublikował monografię pt. *Fonochemia*, trzy opracowania monograficzne z tej dziedziny, kilka artykułów popularnonaukowych na temat akustyki chemicznej oraz opracowanie monograficzne o chemii berylu. Wydał, z okazji obchodów setnej rocznicy urodzin Marii Skłodowskiej, obszerną pracę pt. *Wpływ dzieła Marii Skłodowskiej-Curie na rozwój nauk chemicznych* (Nauka dla Wszystkich, Nr 83, Kraków 1969 oraz Zesz. Nauk. UJ, Prace Chem., z. 14, 1969).

Był autorem lub współautorem szczegółowych prac eksperymentalnych opublikowanych w czasopiśmie naukowych oraz autorem i współautorem licznych prezentacji zjazdowych.

Bibliografia

1. *Potencjał dielektryczny pewnych estrów*, Roczniki Chemii, 18, 1938, s. 888.
2. *Potencjał dielektryczny i napięcie powierzchniowe pewnych fizjologicznie aktywnych związków*, *ibid.*, 19, 1939, s. 323.
3. *O powierzchniowych własnościach roztworów wodnych prostych nitroparafina* (wspólnie z B. Śliwą), *ibid.*, 39, 1965, s. 1461.
4. *Surface Properties of Aqueous Solutions of o-, m- and p-Anisidines* (wspólnie z J. Czapkiewiczem), *ibid.*, 39, 1965, s. 1289.
5. *Fonochemia*, 27 rozdział w podręczniku *Chemia fizyczna*, Warszawa 1963.
6. *Wpływ pola ultradźwiękowego na przebieg hydrolizy roztworów wodnych sacharozy i dekstryn* (wspólnie z A. Lityńską), Zesz. Nauk. UJ, Prace Chem., z. 10, 1965, s. 151; *ibid.*, z. 11, 1966, s. 123.
7. *Teoretyczne rozważania nad prędkością dźwięku w ciekłych układach dwuskładnikowych* (wspólnie z A. Juskiewiczem), *ibid.*, z. 15, 1970, s. 199.
8. *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w dymie niektórych papierosów produkcji krajowej* (wspólnie z J. Płatkim i J. Kaletą), Roczniki Chemii, 33, 1959, s. 243.
9. *Elektroda membranowa* (z M. Leszką), Zesz. Nauk. UJ, Prace Chem., z. 9, 1964, s. 95.
10. *Wyznaczanie krytycznego stężenia micelizacji długotańcuchowych elektrolitów koloidalnych z pomiarów przewodności wysokiej częstotliwości* (wspólnie z B. Czapkiewicz-Tutaj i B. Śliwą) *ibid.*, z. 16, 1971, s. 31.

Maciej Leszko

The dielectric potential and surface tension
of some drugs at different hydrogen ion
concentrations (I)

by

B. Zapiór

Wielce Szanownemu Panu
Dziękuję prof. G. T. Eschikawski
dziękuję.
autor

CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1948

Potencjał dielektryczny i napięcie powierzchniowe niektórych środków leczniczych w roznych koncentracjach jonow wodorowych (II). — The dielectric potential and surface tension of some drugs at different hydrogen ion concentrations (II).

Note

de M. B. ZAPIÓR,

présentée le 10 Novembre 1947, par M. B. Kamieński, m. l.

In previous communications the dielectric potentials and surface tensions of some esters of different chemical constitution but of similar physiological action have been described¹⁾; β -Eucaine, novocaine and stovaine are powerful local anaesthetics. These drugs also exert a strong action on the solution/air interface. Observations suggested the analogous behaviour of other local anaesthetics such as anaesthesia (ethyl-paramino-benzoate). This compound belongs to the above-mentioned group of physiologically active esters, of which it is the simplest. All these substances are esters, of benzoic- or aminobenzoic-acid. Since the molecular size of anaesthesia differs considerably from that of previously described esters, this base shows a weaker electrocapillary action. In the following table the name of the substance, the number of carbon atoms in its molecule, the kind of basic groups contained in it and the maximum changes in the dielectric potential and in the relative surface tension (1-9) are given.

The data have confirmed the statement of B. Kamieński that the change in the dielectric potential depends also on the

¹⁾ B. Kamieński, Bull. Acad. Pol. Sc. S. A. 391 (1944); B. Kamieński and B. Zapiór, Ibid., 133 (1946); B. Kamieński, Rozmiki Chemii, 17, 437 (1947); B. Zapiór, Ibid., 18, 588 (1948).

Karta tytułowa I części publikacji B. Zapióra pt. *The dielectric potential and surface tension of some drugs at different hydrogen ion concentrations* z dedykacją dla prof. T. Estreichera oraz strona tytułowa II części tej pracy. „Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres”, 1947

ZASTOSOWANIE METODY POTENCJOMETRYCZNEJ DO
WYKRYWANIA STREF CHINY I KODEINY NA
CHROMATOGRAMACH BIBULOWYCH

Bronisław ZAPIÓR i Bogusław ŚLIWA

Katedra Chemii Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków

Przeprowadzono badania nad możliwością zastosowania metody potencjometrycznej w chromatografii bibulowej chininy i kodeiny. Badania dały wynik pozytywny.

Исследовалась возможность применения потенциометрического метода при хроматографическом разделении на бугате хинина и кодоина. Достигнуты положительные результаты исследования.

The possibility of application of the potentiometric method in the paper chromatography of quinine and codeine was investigated with a positive result.

Rozdzielanie oraz oczyszczanie mieszanin alkaloidów przeprowadza się zwykle na drodze chromatograficznej. Wykonano już wiele prac z tej dziedziny, stosując chromatografię kolumnową lub bibulową. W celu wykrywania bezbarwnych z reguły stref alkaloidów posługiwano się najczęściej reakcjami barwnymi, a w niektórych przypadkach wykorzystywano fluorescencję odpowiednich stref w świetle UV.

Metode potencjometryczną i odpowiednią aparaturę wprowadził do chromatografii Kamiński¹⁾. W Zakładzie Chemii Fizycznej i Elektrochemii UI wykonano liczne prace z tego zakresu^{2-6,10)}.

Chinyne i kodeinę stosuje się często w lecznictwie w postaci wolnych zasad lub soli. Celem niniejszej pracy było opracowanie nowej metody chromatograficznego rozdzielania tych alkaloidów.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Na wstępie zajęliśmy się zagadnieniem rozdzielania chininy i kodeiny na drodze chromatografii bibulowej, przeprowadzonej w takich warunkach, które umożliwiłyby zastosowanie metody potencjometrycznej w celu wykrycia stref wspomnianych alkaloidów.

Strona tytułowa publikacji B. Zapióra i B. Śliwy pt. Zastosowanie metody potencjometrycznej do wykrywania stref chininy i kodeiny na chromatogramach bibulowych z dedykacją dla doc. dr Z. Wojtaszka oraz strona tytułowa publikacji B. Zapióra pt. Działanie elektrokapilarne niektórych amfiliów i ich dysocjacja

DZIAŁANIE ELEKTROKAPILARNE NIEKTÓRYCH AMFILIÓW
A ICH DYSOCJACJA

Bronisław ZAPIÓR

Katedra Chemii Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków

Omówiono pewne możliwości klasyfikacji powierzchniowo czynnych amfiliów, mających dwie grupy dysocjujące, z punktu widzenia wpływu jonów wodorowych na własności elektrokapilarne.

Обсуждены некоторые возможности классификации поверхностно-активных амфилов, имеющих две диссоциирующие группы, с точки зрения влияния водородных ионов на электрокапиллярные свойства.

Some possibilities of classification of surface active amphiphiles containing two ionizing groups are discussed from the standpoint of the influence of hydrogen ions on electrocapillary properties.

W trakcie badań powierzchniowych własności rozworów szeregu elektrolitów organicznych zwrócono uwagę na możliwość oznaczania na tej drodze stałych dysocjacji tych substancji. Krzywe przedstawiające potencjał granicy faz rozwor-powietrze (tzw. potencjał dielektryczny) lub napięcie powierzchniowe jako funkcję pH umożliwiają dość dokładne określenie stałych dysocjacji substancji rozpuszczonej na podstawie położenia punktu infleksji. Według Kamińskiego¹⁾ punkt infleksji charakterystyczny dla stałej dysocjacji kwasu powierzchniowo czynnego występuje przy wartości pH rozworu rozcieńczonego: $pH_i = -pK_a$, gdzie $pK_a = -\lg K_a$. Punkt infleksji charakterystyczny dla stałej dysocjacji zasady odpowiada wartości $pH_i = pK_b$, gdzie $pK_b = -\lg K_b$, a $pK_b = -\lg K_a$. Tą metodą oznaczono stałe dysocjacji licznych związków²⁾, rozstrzygając niejednoznacznie, które spośród podanych w literaturze wartości stałych dysocjacji oznaczonych różnymi metodami są dokładniejsze.

Osobną, interesującą pod tym względem grupę stanowią substancje amfoteryczne, powierzchniowo czynne. Badując dawniej własności elektrokapilarne szeregu alkaloidów stwierdziłem m.in., że własności po-

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
ODDZIAŁ W KRAKOWIE

NAUKA DLA WSZYSTKICH

Nr 83

BRONISŁAW ZAPIÓR

Profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego

DZIAŁALNOŚĆ
MARII SKŁODOWSKIEJ CURIE
A ROZWÓJ CHEMII

K R A K Ó W 1969

Karta tytułowa publikacji B. Zapióra pt. *Działalność Marii Skłodowskiej-Curie a rozwój chemii*, wydanej przez PAN, Oddział w Krakowie w serii „Nauka dla wszystkich” (Kraków, 1969)

warstw cieczy. Opis tych metod znajduje się m.in. w monografii: Matauska *Technika ultradźwięków*. Przykłady zastosowań pomiarów prędkości w badaniach sonochemicznych podane są w dalszej części.

Drugą niezwykle ważną wielkością, zwłaszcza dla sonochemii małej amplitudy, jest *absorpcja dźwięków*. W pomiarach absorpcji stosuje się zazwyczaj metody: pomiaru ciśnienia promieniowania, interferometryczną, impulsową, echa i kalorymetryczną.

Rozprzestrzenianie się fal ultradźwiękowych w środowisku jest związane zawsze z pewną absorpcją tych fal. Natężenie ultradźwięków rozchodzących się w ośrodku jednorodnym maleje w miarę wzrostu odległości od przetrwora na skutek tarcia, przewodnictwa cieplnego, promieniowania i ewentualnie innych czynników. Ilościowe określenie absorpcji podają wzory: $-dA = \alpha dA dx$, gdzie A — amplituda fali płaskiej w odległości x od przetrwora; dA — obniżenie amplitudy na odcinku dx , α — współczynnik absorpcji. Całkując otrzymamy wzór:

$$A_x = A_0 e^{-\alpha x} \quad (29.3)$$

w którym A_0 oznacza amplitudę w punkcie $x = 0$. Ponieważ natężenie jest proporcjonalne do kwadratu amplitudy, wobec tego wartość natężenia w odległości x od źródła fali określa wzór:

$$I_x = I_0 e^{-2\alpha x} \quad (29.4)$$

a stąd

$$I_{\text{abs}} = I_0 (1 - e^{-2\alpha x}) \quad (29.4a)$$

gdzie I_x — natężenie w odległości x od przetrwora, I_0 — natężenie w odległości $x = 0$, I_{abs} — ubytek natężenia spowodowany absorpcją.

Pochłanianie ultradźwięków w cieczech zależy przede wszystkim od lepkości cieczy η . Stokes określił współczynnik absorpcji ultradźwięków uwarunkowany lepkością wzorem następującym:

$$\alpha_\eta = \frac{8\pi^2 \eta}{3v\rho} = \frac{8\pi^2 \eta}{3\lambda v\rho} \quad (29.5)$$

gdzie f jest częstotliwością fali, v — prędkość, ρ — gęstość ośrodka. Maxwell wprowadził poprawkę uwzględniającą lepkość kinematyczną $\nu = \eta/\rho$

$$\frac{d\alpha_\eta}{d\nu} = \frac{d\eta}{d\nu} \frac{d\nu}{d\rho} - 3 \frac{d\nu}{d\rho}$$

Ponieważ η , ρ i v zależą od temperatury, wobec tego α_η zmienia się z temperaturą. Na przykład w wodzie podwyższenie temperatury o 1° powoduje zmniejszenie α_η o ok. 3%. Biegun podał wzór na współczynnik absorpcji uwarunkowany przewodnictwem ciepla, regulującym wymianę ciepła pomiędzy obszarami zagęszczeni i rozrzedzeń:

$$\alpha_t = \frac{2\pi^2 K T^2}{3\rho W C_p} \quad (29.6)$$

K oznacza współczynnik przewodnictwa cieplnego, a — współczynnik rozszerzalności cieplnej pod stałym ciśnieniem, W — mechaniczny równoważnik ciepła, C_p — ciepło

29. SONOCHEMIA

29.1. Wstęp. Przedmiotem badań sonochemicznych są fizykochemiczne i chemiczne aspekty oddziaływania wzajemnego pomiędzy środowiskiem i wytworzonym w nim polem akustycznym. Fale akustyczne dzieli się umownie w zależności od ich częstotliwości na *infra-dźwięki*, dźwięki (zwykłe), *ultradźwięki* i *hiperdźwięki*. Inftradźwiękom odpowiadają częstotliwości niższe od 16 Hz. Fale tego typu powstają np. w skurpie ziemskiej w czasie trzęsienia ziemi. Analogiczne fale oceaniczne noszą nazwę tsunami. Dźwięki zwyczajne spotykane najczęściej wśród wszystkich fal mechanicznych mają częstotliwości od 16 Hz do górnej umownej granicy wynoszącej 20 kHz. Przeważającą część tego zakresu obejmują dźwięki słyszalne z tym jednak, że zakres słyszalnych częstotliwości u różnych osób nie jest jednolity, a oprócz tego dla tej samej jednostki zmienia się on z jej wiekiem, przez stopniowe obniżanie górnej jego granicy niedługo po 12 kHz. Wynika stąd, że słyszalność nie może stanowić naukowego kryterium w klasyfikacji dźwięków. Ultradźwięki są to fale mechaniczne o częstotliwościach wyższych od 20 kHz i dochodzących nawet do 10^5 MHz. Dźwięki o częstotliwości wyższej od 10^5 MHz nazywane są hiperdźwiękami, przy czym źródłem ich mogą być np. drgania termiczne cząsteczek w ciałach stałych. Ultradźwięki i hiperdźwięki w związku z ich małą długością fali rozprzestrzeniają się podobnie do fal świetlnych. W badaniach sonochemicznych stosowane są zarówno dźwięki zwykłe (od kilku kHz do 20 kHz) jak i ultradźwięki, jednakże te ostatnie są z reguły bardziej efektywne, szczególnie w zakresie częstotliwości nie przekraczającym 1 MHz.

Naukę obejmującą całokształt zagadnień dotyczących zastosowania hiperdźwięków, ultradźwięków i ewentualnie krótszych dźwięków wyższych w chemii nazywa się *sonochemią* lub *sonochemią*. Należy tu objąć m.in. niezwykle ważne dla badań struktury zagadnienie zależności niektórych właściwości ultradźwięków od fizykochemicznych właściwości środowiska chemicznego. Nazwę sonochemii zaproponował w 1937 r. G. Schmid.

Obecnie najczęściej stosowaną jest nazwa *sonochemia*. W dowiadaniach sonochemicznych znajdują zastosowanie najogólniej dwa rodzaje źródeł fal akustycznych, użytecznych w tej dziedzinie: *przetworniki mechaniczne i elektrodynamiczne*. Spośród licznych przetworników mechanicznych najbardziej znaną jest *syrena ultradźwiękowa*. Do przetworników elektromechanicznych, wykorzystywanych głównie w badaniach układów ciekłych, należą należące stosowane *przetworniki magnetostrykcyjne i piezoelektryczne*. Przetworniki magnetostrykcyjne znajdujące praktyczne zastosowanie